

Petra TYMOVÁ¹

EKONOMICKÉ VYHODNOCENÍ PROVOZU TEPELNÝCH ČERPADEL V AREÁLU ŠKOLY
ECONOMIC EVALUATION OF THE OPERATION OF HEAT PUMPS IN THE AREA SCHOOL

Abstrakt

V současné době roste celosvětově spotřeba veškerých energií a očekává se její další růst. Je důležité se zamýšlet nad hospodařením veškerými druhy energií, protože mají vliv na ekologii i ekonomii světa. Výroba energie, která je v současnosti zaměřena hlavně na využívání fosilních paliv, je trvale neudržitelným stavem. Proto se stále častěji přistupuje k využití obnovitelných zdrojů energie, které výrazně přispějí ke zpomalení vyčerpávání neobnovitelných přírodních zdrojů. Článek se zabývá problematikou vhodné instalace tepelných čerpadel ve stavebních objektech v návaznosti na ekonomiku provozu tepelného čerpadla.

Klíčová slova

Ekologie, ekonomie, obnovitelné zdroje energie, tepelná čerpadla, stavební objekty.

Abstract

There is no doubt that the actual world-wide energy consumption is permanently growing and there is no reason to expect improvement of this situation in the future. It is very important to come to think of all kind of energy management, because they have economical and ecological impact in the worldwide scale. Today the energy production is mainly fossil fuel oriented but this is not constantly sustainable situation. Another approach, presently supported more frequently than ever, is based on the exploitation of the renewable resource in the energy production process and allows slowing down the non-renewable natural resource exhaustion. This article deals with problems associated with the appropriate thermodynamic heating installation in the building objects in relation installed heat pump running economy.

Keywords

Ecology, economics, renewable resource, heat pumps, buildings.

1 ÚVOD

Byla zkoumána vhodnost použití a provoz tepelných čerpadel v reálném areálu školy, která se nachází na katastrálním území Havířov v části Havířov-Město. Ke zkoumání byl objekt zvolen pro dostupnost, ale především jako průkopnický model v instalaci tepelných čerpadel v objektech podobných vlastností. Dostatečný průkazný počet obdobných srovnatelných projektů není k dispozici, pro dosud malé rozšíření tohoto typu zdroje tepla. Tepelná čerpadla jsou v areálu školy v provozu od roku 2004, kdy byl zahájen zkušební provoz. Období provozu je šestileté, ale k základnímu energetickému a ekonomickému hodnocení pro záměr tohoto posouzení je akceptovatelné. Tento případ považuji za dostačující vodítko při aplikaci obnovitelných zdrojů,

¹ Ing. Petra Tymová, Ph.D., Katedra prostředí staveb a TZB, Fakulta stavební, VŠB-Technická univerzita Ostrava, Ludvíka Podéště 1875/17, 708 33 Ostrava - Poruba, tel.: (+420) 597 321 352, e-mail: petra.tymova@vsb.cz.

v tomto případě tepelných čerpadel, v objektech podobného typu, stavební konstrukce a obdobných tepelně technických vlastností.

V první řadě bylo nutno zpracovat data spotřeby elektrické energie pro technologii a zázemí tepelných čerpadel z období 2004-2010 a ve druhé řadě data udávající spotřebu dodané energie centrálním zásobováním teplem v období 2000-2004.

2 STAVEBNÍ OBJEKT

a) Situace objektu

Objekty školy byly postaveny v šedesátých letech 20. století. Jsou situovány v Havířově do centra městské zástavby. Nadmořská výška je 320 m n. m. s minimální oblastní teplotou $-15\text{ }^{\circ}\text{C}$ a s chráněnou polohou. Místo výstavby není zařazeno do oblasti s intenzivními větry [1].

Areál školy je tvořen komplexem tří objektů a tvoří uzavřený systém. Objekty mají až na tělocvičnu stejné provozní využití.



Obr. 1: Hlavní budova areálu školy [4]



Obr. 2: Tělocvična a krček areálu školy [4]

b) Stavební část

Nosné konstrukce jednotlivých objektů jsou typovým železobetonovým montovaným skeletem, navrženým dle platných směrnic a norem v době výstavby a se zřetelem na poddolované území. Objekt „Hlavní budova“ je podsklepený s třemi nadzemními podlažními, objekt „Krčku“ je dvoupodlažní, nepodsklepený. Tělocvična je podsklepena. Obvodový plášť je z plných cihel tloušťek 600 mm a 450 mm. Střechy jsou ploché jednoplašťové, střecha na tělocvičně je pultová, konstrukce dle norem platných v době výstavby.

Výplně otvorů jsou:

- okna s dřevěným rámem se zdvojeným zasklením, otevíravá a kyvná;
- dveře s dřevěným rámem s jednoduchým zasklením, otevíravá;
- okna v kovovém rámu s jednoduchým zasklením (šatna v 1. PP, tělocvična, krček), otevíravá.

Z důvodu snižování spotřeby energie byla v roce 1995 tepelně izolována střecha na objektech kromě tělocvičny. Střešní konstrukce byla izolována tloušťkou 120 mm tepelnou izolací FLEXOPER.

V roce 2001 byla provedena výměna oken. Ocelová okna s jednoduchým zasklením v tělocvičně, v krčku a suterénních místnostech byla zaměněna okny s polykarbonátovou výplní.

V roce 2003 byl revitalizován objekt „Hlavní budova“. Zateplení bylo navrženo podle výpočtu tepelně technického posouzení konstrukcí dle ČSN 730540 (platnost od 2002 do 2007). Objekt je zateplen kontaktním systémem z tepelné izolace z desek ze stabilizovaného samozhášivého polystyrénu tloušťky 80 mm a z tenkovrstvé probarvené silikátové omítky. Zateplení je provedeno po celém obvodu objektu, od okapového chodníku až po horní okraj atiky pod oplechování.

c) Vytápění a teplá vody do roku 2003

Teplododání vytápění objektu bylo zajištěno ze systému centrálního zásobování teplem (Haviřovská teplárenská společnost a.s.) s teplotním spádem 90/70 °C. Regulace celého systému byla centrální, automaticky stavitelná, se základní ekvitermní regulací, zajišťována dodavatelem tepla na předávací stanici, která je umístěná mimo objekty školy. V hlavní budově areálu školy byla provedena „jemná“ regulace ve čtyřech samostatných topných větvích – chodby, učebny, tělocvična a byt dle venkovní teploty a referenčních vnitřních čidel umístěných ve vytápěných prostorách.

V roce 1994 byla realizována opatření na úsporu tepla vytápěním. Byla provedena částečná rekonstrukce topných rozvodů a byly instalovány regulační ventily s termostatickou hlavicí (zajištěnou proti odcizení) na všech otopných tělesech v areálu školy.

Teplá voda byla dodávána z centrálního zásobování tepla, hlavně pro úklid v celém areálu. Byl instalován i elektrický akumulární ohřev, ale jen jako záloha. V bytě školníka byla v provozu kombinace centrální dodávky teplé vody a plynového ohřevu.

3 SOUČASNÝ STAV OBJEKTU (OD ROKU 2004)

15. 6. 2004 došlo k bezplatnému odpojení areálu školy od centrálního zásobování teplem a to bez dalších podmínek od dodavatele tepla (Haviřovská teplárenská společnost a.s.).

Od května 2004 byl spuštěn zkušební provoz instalovaných tepelných čerpadel. Byla vybudována technická místnost tepelných čerpadel v suterénu hlavní budovy.



Obr. 3: Odpojení areálu školy od CZT [4]

Primární okruh

Pro primární zdroj tepla bylo provedeno dvacet kusů (12 x 115 m a 8 x 115 m) hloubkových vrtů umístěných na pozemku školy kolem hřiště. Do jednotlivých vrtů byla umístěna dvojice polyetylenových trubek průměru 40 mm (1 x smyčka tvaru „U“) a byly vyplněny bentonitovou směsí.

Sekundární okruh

Pro vytápění a přípravu teplé vody byla instalována kaskáda pěti kusů tepelných čerpadel IVT GREENLINE F35 ($5 \times 34,9 \text{ kW} = 174,5 \text{ kW}$). Zvolena kaskáda tepelných čerpadel byla doplněna bivalentním zdrojem tepla - samostatným elektrokotlem ($3 \times 20 \text{ kW} = 60,0 \text{ kW}$), který spíná kaskádovitě jednotlivé topné spirály.

Topná voda s teplotním spádem $50/43 \text{ }^{\circ}\text{C}$ ze zdroje tepla je napojena na stávající rozdělovač a sběrač do jednotlivých topných okruhů.



Obr. 4: TČ IVT GREENLINE F35 [4]



Obr. 5: Elektrokotel 3 x 20 kW [4]

Teplá voda

Teplá voda je připravována v akumulčním zásobníku ACV typu JUMBO o objemu 1000 l. Je napojena na rekonstruované rozvody, zásobující pouze hygienické zařízení v tělocvičně. Byt školníka má vlastní zdroj – elektrický zásobníkový ohřivač. V předsíňkách jednotlivých WC jsou umístěny lokální ohřivače vody včetně armatury.

4 VÝSLEDKY SKUTEČNĚ SPOTŘEBOVANÉ ENERGIE AREÁLU BUDOV ŠKOLY NA VYTÁPĚNÍ A OHŘEV TEPLÉ VODY

Pro výpočet hodnoty skutečně spotřebované energie, byl prováděn odečet z měřidla v období od instalace tepelných čerpadel - říjen 2004 do května 2010. Hodnoty jednotlivých denních spotřeb byly odečítány denně na elektroměru, který zaznamenává dvojitou tarifní spotřebu – nízký a vysoký tarif. Elektroměr odečítá spotřebu energie pro celou technologii tepelných čerpadel, to znamená spotřebu energie pro ohřev topné vody, přípravu teplé vody a pomocnou energii.

Tab. 4.1: Skutečně spotřebovaná energie pro vytápění a ohřev teplé vody za jednotlivé měsíce od zahájení zkušebního provozu tepelných čerpadel (10/2004-2007)

Měsíc	2004/2005		2005/2006		2006/2007	
	[kWh]	[GJ]	[kWh]	[GJ]	[kWh]	[GJ]
září	0,0	0,0	2224,0	8,0	2080,0	7,5
říjen	13480,0	48,5	8448,0	30,4	6204,0	22,3
listopad	24472,0	88,1	23364,0	84,1	16704,0	60,1
prosinec	27500,0	99,0	30056,0	108,2	16632,0	59,9
leden	35536,0	127,9	49172,0	177,0	27604,0	99,4
únor	40092,0	144,3	34520,0	124,3	24436,0	88,0
březen	35832,0	129,0	33436,0	120,4	20936,0	75,4
duben	11496,0	41,4	11688,0	42,1	9128,0	32,9
květen	4660,0	16,8	5000,0	18,0	2564,0	9,2
červen	5063,0	18,2	5840,0	21,0	2312,0	8,3
červenec	1902,0	6,8	3266,0	11,8	1316,0	4,7
srpen	1783,0	6,4	1970,0	7,1	1980,0	7,1

Pozn.: Odečet prováděn denně na elektroměru

Tab. 4.2: Skutečně spotřebovaná energie pro vytápění a ohřev teplé vody za jednotlivé měsíce v období 2007-2010

Měsíc	2007/2008		2008/2009		2009/2010	
	[kWh]	[GJ]	[kWh]	[GJ]	[kWh]	[GJ]
září	4284,0	15,4	4796,0	17,3	2654,0	9,6
říjen	10636,0	38,3	8728,0	31,4	10170,0	36,6
listopad	20664,0	74,4	13076,0	47,1	17584,0	63,3
prosinec	23612,0	85,0	19548,0	70,4	26405,0	95,1
leden	32488,0	117,0	36728,0	132,2	38407,0	138,3
únor	21648,0	77,9	28796,0	103,7	35014,0	126,1
březen	20336,0	73,2	28848,0	103,9	22928,0	82,5
duben	10816,0	38,9	4528,0	16,3	12149,0	43,7
květen	2508,0	9,0	2487,0	9,0	6539,0	23,5
červen	2860,0	10,3	3173,0	11,4		
červenec	1800,0	6,5	2806,0	10,1		
srpen	1472,0	5,3	2012,0	7,2		

Pozn.: Odečet prováděn denně na elektroměru

V tabulkách 4.1 a 4.2 jsou uvedeny měsíční skutečné spotřeby energie odečtené denně na elektroměru (sečteny hodnoty vysokého a nízkého tarifu) v období od října 2004 do května 2010. Z uvedených dat jsou patrné rozdíly mezi spotřebami energie v jednotlivých topných obdobích v závislosti na venkovní teplotě.

V období letních prázdnin je odečtený odběr pro přípravu teplé vody pro úklid školy.

Tab. 4.3: Skutečně spotřebovaná energie pro vytápění a ohřev teplé vody za rok v období 2004 až 2007

	2004/2005		2005/2006		2006/2007	
	[kWh]	[GJ]	[kWh]	[GJ]	[kWh]	[GJ]
Skutečná roční spotřeba energie	201816,0	726,5	208984,0	752,3	131896,0	474,8

Tab. 4.4: Skutečně spotřebovaná energie pro vytápění a ohřev teplé vody za rok v období 2007 až 2010

	2007/2008		2008/2009		2009/2010	
	[kWh]	[GJ]	[kWh]	[GJ]	[kWh]	[GJ]
Skutečná roční spotřeba energie	153124,0	551,2	155526,0	559,9	171850,0	618,7

Pozn.: Topná sezóna 2009/2010 měřeno do 05/2010

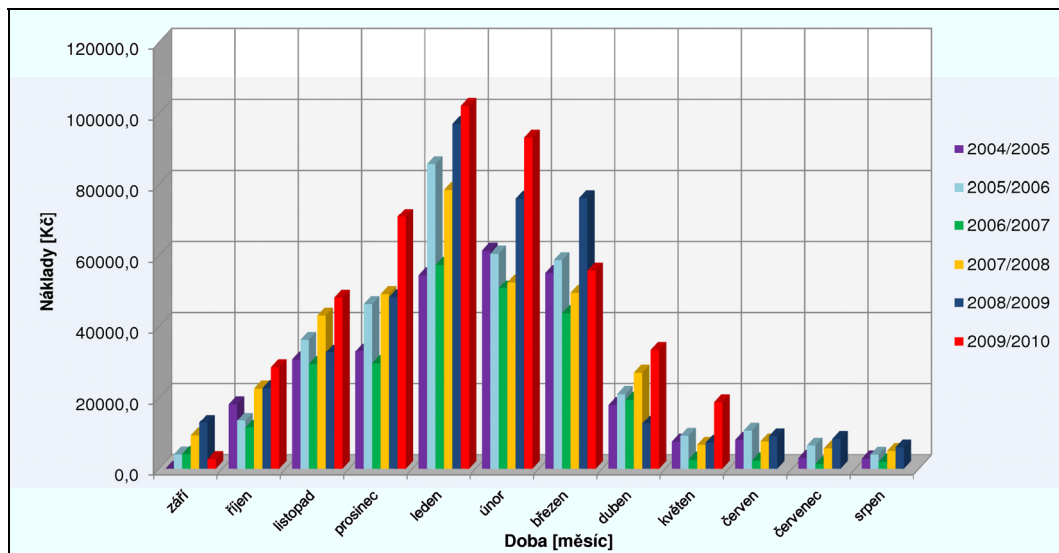
Tabulky 4.3 a 4.4 obsahují naměřené a vypočítané hodnoty roční spotřeby energie pro vytápění, ohřev teplé vody a provoz technologie tepelných čerpadel.

5 EKONOMICKÉ VYHODNOCENÍ

V rámci posuzování provozu tepelných čerpadel bylo provedeno ekonomické vyhodnocení jejich provozu a návratnosti finančních prostředků vynaložených na zateplení objektu hlavní budovy a technologie tepelných čerpadel v závislosti na době provozování tepelných čerpadel.

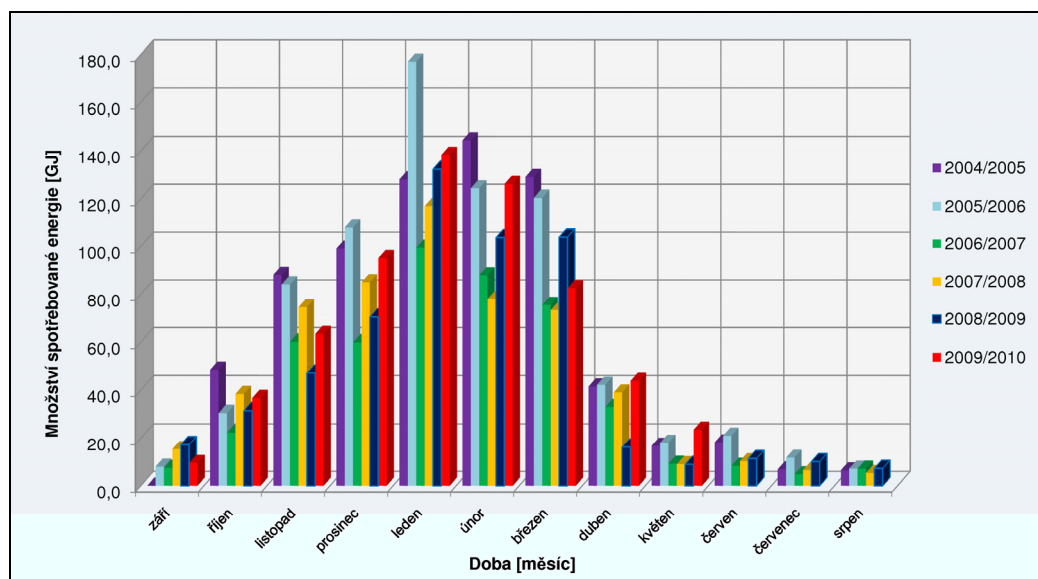
Náklady byly vypočteny ze skutečně spotřebované energie. Provoz a náklady byly sledovány po jednotlivých dnech v období od října roku 2000 do května roku 2010. V období od roku 2000 do září roku 2004 byl areál budov školy zásobován energií z centrálního zdroje tepla (dodavatel Havířovská teplárenská a.s.). V tomto období byl areál budov školy v původním nezatepleném stavu. Od září roku 2004 objekt hlavní budovy školy byl zateplen a do zkušební provozu byla spuštěna tepelná čerpadla.

V grafu 5.1 jsou znázorněny náklady za dodanou energii v jednotlivých měsících v období od října 2004 až do května 2010. Data spotřebované energie byla odečítána denně a následně byla vypočtena dle příslušných tarifů v tehdejších cenových úrovních. Spotřebovaná energie byla dodána pro provoz tepelných čerpadel, bivalentního zdroje a pomocné energie.



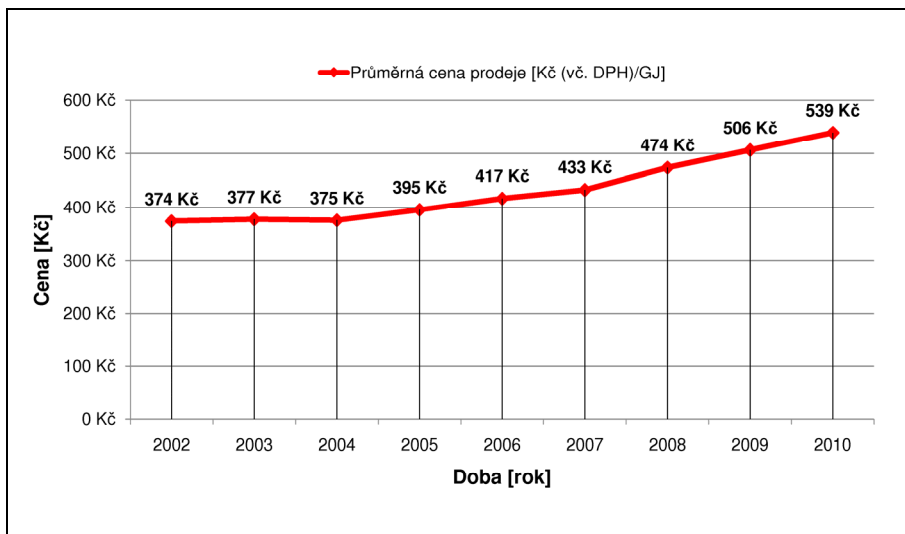
Graf 5.1: Měsíční náklady na energii v období říjen 2004 - květen 2010

Množství spotřebovaného tepla v GJ je uvedeno v grafu 5.2, kde je znázorněno měsíční rozdělení v průběhu výše uvedených let. Pro lepší orientaci jsou pro jednotlivé roky zvoleny stejné barvy jako v grafu 5.1, kde jsou znázorněny náklady na energii.



Graf 5.2: Měsíční spotřeba energie v období říjen 2004 - květen 2010

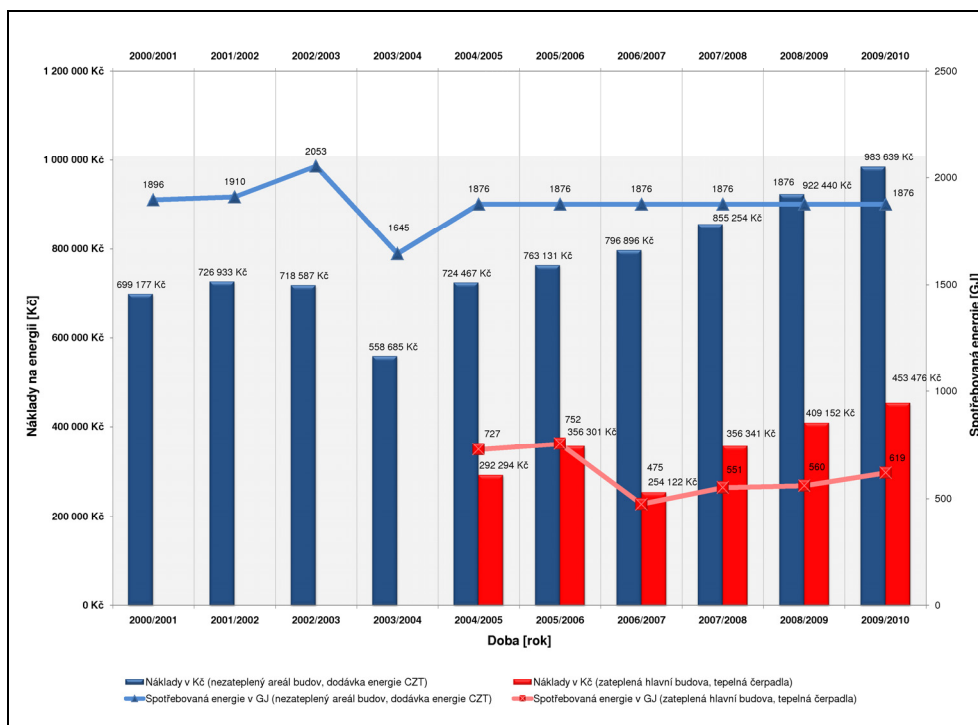
Z grafů 5.1 a 5.2 vyplývá ovlivnění výsledné ceny vzrůstem cen energií v množství dodané energie. Ceny energie dodané (2002 -2004) areálu školy centrálním zásobováním tepla a ceny platné v době provozu tepelných čerpadel (2004-2010) poskytla Havířovská teplárenská a.s., která je dodavatelem energie v dané lokalitě. Vývoj cen za dodanou energii je znázorněn v grafu 5.3.



Graf 5.3: Ceny energie za 1 GJ (dodávka Havířovská teplárenská a.s.)

V grafu 5.4 jsou znázorněny spotřebované energie a ceny za jejich dodávku. Jde o spotřebovanou energii u nezatepleného areálu budov školy v době dodávky energie z centrálního zásobování tepla a spotřebovanou energii při zateplení hlavní budově areálu školy a provozu tepelných čerpadel. Pro znázornění dodávky energie a následné ceny za dodanou energii v období 2004-2010 byla stanovena potřeba energie pro případ nezateplené budovy a dodávky energie z centrálního zásobování teplem.

Výpočet byl proveden z průměrné hodnoty spotřebované energie za uplynulá období. Tato hodnota byla vynásobena skutečnou cenou dodanou Havířovskou teplárenskou, a.s.



Graf 5.4: Spotřebovaná energie a ceny za její dodávku

Aby mohla být posouzena návratnost finančních prostředků investovaných do zateplení objektu hlavní budovy a do technologie tepelných čerpadel, byly porovnány ceny za dodávku energie při stavu nezatepleného areálu budov školy a dodávky energie centrálním zásobováním tepla a při stavu provozování tepelných čerpadel a zateplené části – hlavní budovy areálu školy. Celkové investiční náklady na zateplení a osazení tepelných čerpadel byly 7 594 000,- Kč, z toho:

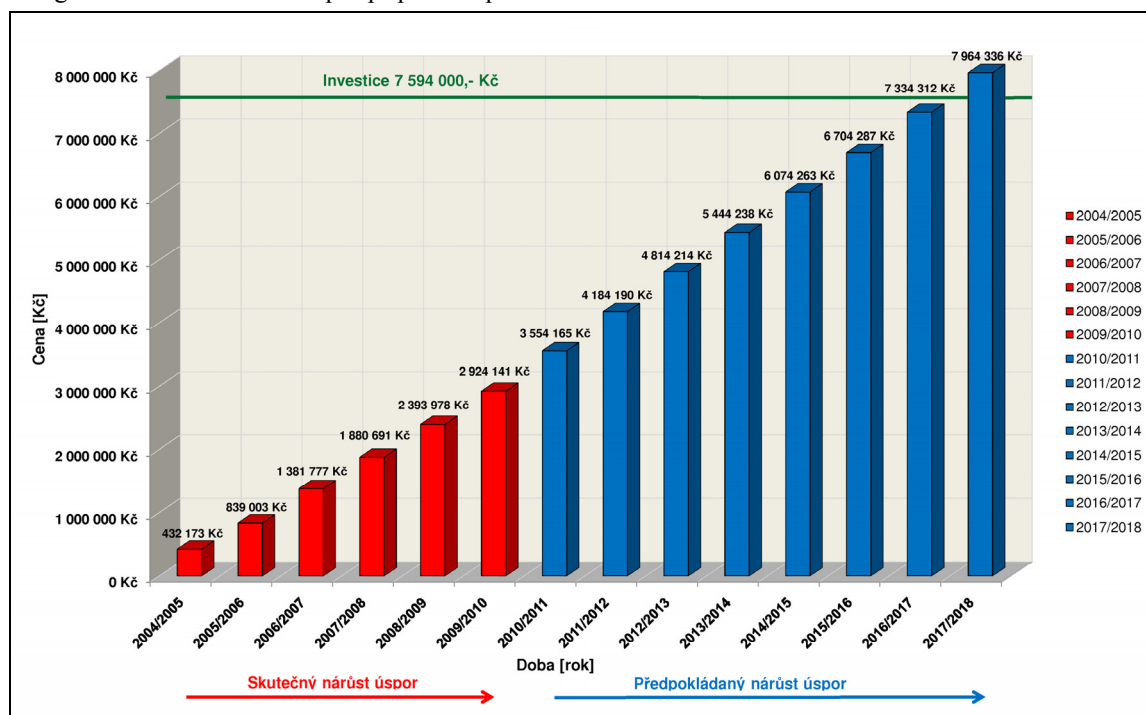
rekonstrukce objektu hlavní budovy	1 489 320,- Kč,
technologie tepelných čerpadel	6 104 680,- Kč.

Zdroje financování investice:

fond životního prostředí – dotace	4 275 000,- Kč,
fond životního prostředí – bezúročná půjčka	1 221 000,- Kč,
investiční dotace – Moravskoslezský kraj	2 098 000,- Kč.

V grafu 5.4 jsou znázorněny ceny za dodávku energií v období 2000- 2010. Byl stanoven rozdíl mezi cenami za dodávku energie bez zateplení s dodávkou centrálního zásobování teplem a po zateplení hlavní budovy s provozem tepelných čerpadel. Tento rozdíl je vlastní úspora finančních prostředků za dodávku energie. Je tedy nutno stanovit kolik let a s jakou úsporou budou kompenzovány investiční náklady. Jak již bylo dříve uvedeno, musela být dodávka energií pro období 2010-2018 odhadnuta pro případ nezatepleného stavu areálu budov školy. Výpočet byl proveden pro období 2010-2018, kdy již bylo provedeno zateplení.

V následujícím grafu 5.5 je znázorněn odhad potřebných finančních zdrojů pro dodávku energie do budoucích období pro případ zateplení.



Graf 5.5: Zobrazení úspor – návratnost investic

Z grafu 5.5 je zřejmé, že dosažení výše investiční částky je mezi lety 2017 a 2018. Z uvedeného vyplývá, že návratnost celé investice se pohybuje okolo 13 -14 roky. Zde je nutno

podotknout, že uvedená doba návratnosti může být snížena v závislosti na budoucím růstu cen energií. Ceny za dodávku energie v letech 2011 - 2017 byly brány v cenové úrovni roku 2010.

6 ZÁVĚR

Z ekonomického vyhodnocení je zřejmá návratnost vynaložených finančních prostředků mezi 13 – 14 roky. Je nutno podotknout, že ekonomické vyhodnocení bylo provedeno bez vlivu inflace na vývoj cen energií.

Životnost tepelných čerpadel se pohybuje okolo 25 let v závislosti na četnosti spínání kompresoru čerpadla. Při vzrůstajícím technickém pokroku i při stávajících cenách kompresorů je nutno jednoznačně konstatovat, že tato investice byla zhodnocená a je výhodná. Osazená tepelná čerpadla země - voda jsou investičně nejnáročnější na pořízení. Jde především o primární okruh tepelných čerpadel (vrtné práce, montáž vertikálních kolektorů,...).

Bylo prokázáno, že tepelné čerpadlo pro tento typ objektů v daných klimatických podmínkách má své opodstatnění opírající se o výsledky analýzy, jejíž závěry mají obecnou platnost a jsou použitelné i v objektech podobného typu.

Z ušetřených finančních prostředků by bylo vhodné provést zateplení zbývajících částí areálu školy, tělocvičny a krčku.

LITERATURA

- [1] ČSN 73 0540-3 : 2005. *Tepelná ochrana budov, Část 3 - Návrhové hodnoty veličin*. Praha: Český normalizační institut, 2005. 95 s.
- [2] Zákon č. 406/2006 Sb., úplné znění zákona č. 406/2000 Sb. *o hospodaření s energií*, v platném znění.
- [3] ŽERAVÍK, A. *Stavíme tepelné čerpadlo*. 1. vyd. Vydáno vlastním nákladem, 2003. 315 s. ISBN 80-239-0275-X.
- [4] Archiv autora.

Oponentní posudek vypracoval:

Ing. Pavel Fojtík, Ph.D., VŠB-TU Ostrava, FMFI, Katedra tepelné techniky.

doc. Ing. Jiří Hirš, CSc., VUT Brno, Katedra TZB.